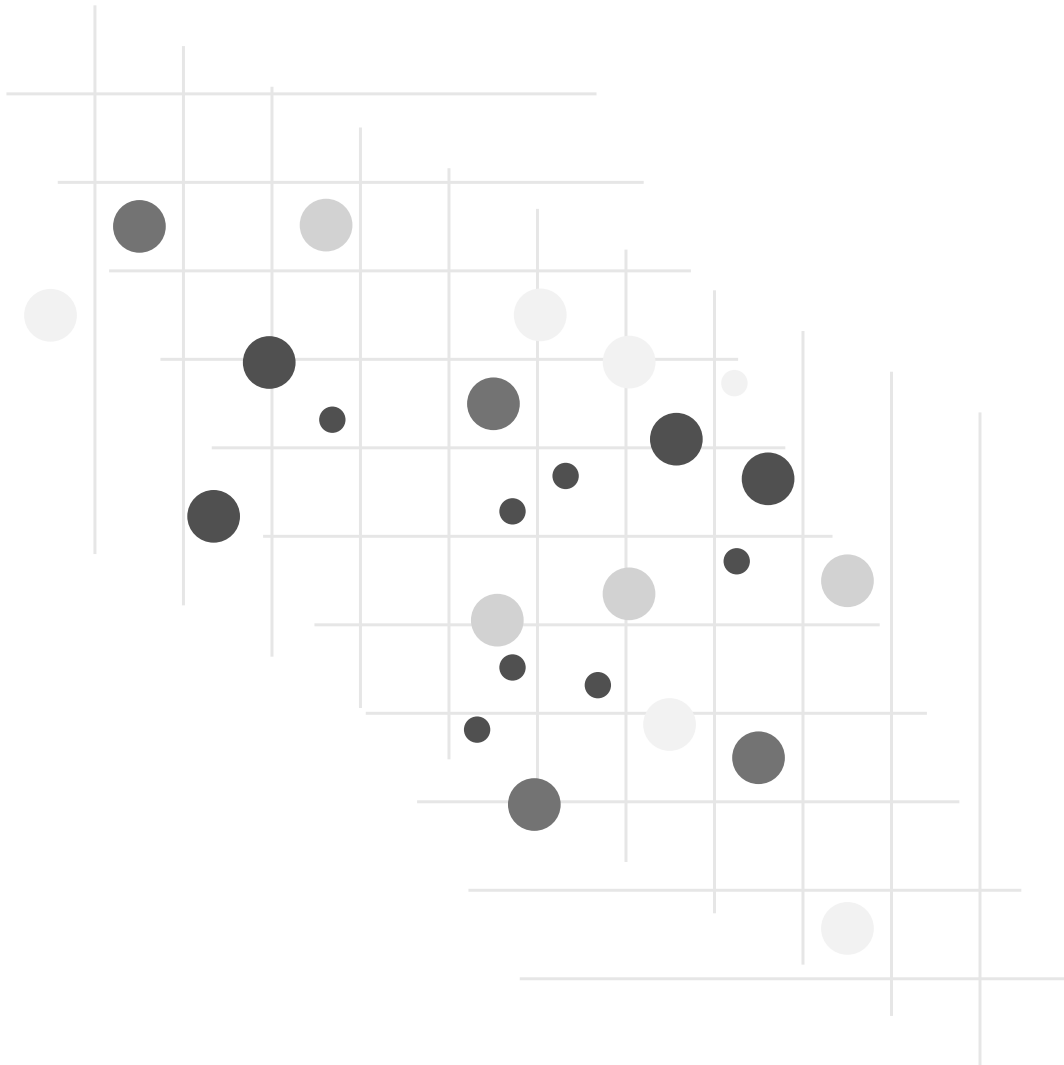


# OPTISK KARTLEGGING AV STORE LUNGEGÅRDSVANN

*Preliminær fagrapport*



Skarv Technology AS  
Forberedt for Bergen Kommune  
8. oktober 2021

**Selskapsinformasjon:**

Adresse: Skarv Technologies AS, Pirsenteret, Havnegata 9, 7010 Trondheim

Hjemmeside: [www.skarvtech.com](http://www.skarvtech.com)

Kontaktinformasjon: contact[at]skarvtech.com

**Dokumentinformasjon:**

Tittel: Optisk kartlegging av Store Lungegårdsvann

Type: Preliminær fagrapport

Utgivelsesdato: 08.10.2021

Antall sider: 12

Utarbeidet: Trygve Olav Fossum, Signatur:



Oppdragsgiver: Bergen Kommune

Kontaktperson: Anne Christine Knag

Stikkord: Autonomi, Havbunnskartlegging, Deteksjon, Søppel, Maskinsyn, Hyperspektral avbilder, ROV, AUV, Dronekartlegging, Miljøteknologi

## Sammendrag

I forbindelse med prosjektet *Renere Havn Bergen* ble det foretatt optisk havbunnskartlegging av Store Lungegårdsvann, under prosjektnavnet *GULLARS (Grundig Undervanns-kartLegging i Lungegårdsvann Av Robofiserte Systemer)*. Kartleggingen fokuserte på områder (1-9) angitt av Bergen kommune, med ytterligere fokus på areal grunnere enn 15 m (da forsøpling i denne sonen skal tas opp). Oversikt over arealdekning er vist i **Figur 7** og **Figur 8**.

Undersøkelsen som er gjennomført hadde tre hovedmål:

1. Gi en oversikt over ulike objekter som befinner seg på bunnen, samt bunntyper
2. Monitorering og kontroll av tiltak som er gjennomført i området
3. Gi innsikt og erfaring med bruk av ny kartleggingsteknologi

Mengden forsøpling som er målt (i form av objekt-deteksjon og georeferering) gjelder kun det som er umiddelbart synlig på bunn og ikke nedgravd eller sedimentert. Forsøplingen er varierende fra område til område, men preges av objekter på ca. 0.2-2 m størrelse. Disse objektene er som regel flasker, bildekk, sykler og jernskrap, samt taurester og presenninger. Båtvrak er det også en del av (se **Figur 3**). Ett nytt vrak ble oppdaget under kartleggingen ved Nygårdsbroen. Forsøplingen er helt klart størst der nærhet til menneskelig trafikk er størst, slik som ved Nygårdsbroen. Det er også en del søppel som stammer fra bygningsaktivitet rundt vannet (f.eks. rundt Neptun båtforening). Bunntypene er grovt sett sandbunn ytterst mot Nygårdsbroen og mykere sedimenter innerst i Møllendalen (med lite biologisk aktivitet under dyp på rundt 10 m).

Område 1 (Florida) preges av å være lite forsøplet og ha en sunnere bunnfauna. En observasjon er imidlertid at en del søppel fraktes inn i bukten foran St. Pauls gymnas med tidevannet langs lang. Område 2 og 3 preges av noe mer forsøpling, særlig i forbindelse med Nygårdsbroen, men relativt ren havbunn ellers. Område 4-7 er mindre kartlagt pga. siktforhold og kompleksitet i forhold til fortøyning og tilgang med farkost. Til tross for et lite datagrunnlag kan man gå ut ifra at forsøplingen rundt båtforeningen Neptun er noe høyere, sammenliknet med resten av disse innerste områdene. På generell basis antas det at en del forsøpling vil knyttes til områdene rundt der det går rørledninger, da mange objekter fanges opp av hindringen som skapes av at røret ligger på bunnen.

Kartleggingsteknologien som ble brukt har fungert godt til formålet og levert høy datakvalitet til tross for varierende sikt; oppløsningen på bildene ligger på >0.5 cm. Innhenting med UHI hadde problemer med instrumentfeil fra leverandør. Her vurderes det ny innsamling i november. Kartleggingshastigheten ble redusert i områder med vekslende sikt, noe som resulterte i et mindre totalareal. Georefereringen og posisjonering fungerte meget godt, noe som er med på å gi en høy nøyaktighet på observerte objekter.

## Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	3
1 Introduksjon .....	5
1.1 Områdebeskrivelse .....	5
1.1.1 Kjente kulturminner og objekter .....	6
2 Metode.....	6
3 Utførte arbeider og foreløpige resultater .....	7
3.1 Overordnet operasjon.....	7
3.2 Arealdekning .....	8
3.3 Fotomosaikk.....	9
3.4 Fotogrammetri (3D-rekonstruksjon).....	9
3.5 Undervanns hyperspektral avbilder (UHI) .....	10
4 Feltjournal .....	10
4.1 Oversikt over vær og sikt under undersøkelsen .....	10
4.2 Feltnotater .....	10
5 Rådata (bilder og video).....	12
6 Bibliografi .....	12

## 1 Introduksjon

Området som kartlegges er havnebassenget Store Lungegårdsvann. Bassenget er et viktig område i byen og inngår i en rekke byutviklingsplaner som et aktivt friluftsområde. Opprensning av historiskforurensing er en sentral del av videreutviklingen av området. Kartleggingen av denne forurensingen, som er beskrevet i denne rapporten, er viktig for å kunne iverksette effektive tiltak. Denne aktiviteten koordineres gjennom prosjektet *Renere Havn Bergen*<sup>1</sup>, i regi av Bergen Kommune.

Det er foregått utfylling av masser i nord-enden av bassenget i forbindelse med bybaneutbyggingen. Det skal anlegges bystrand og park i utvidelsen av denne fyllingen (Bakke, 2021). Det ligger derfor en slitgardin ute i bassenget for å unngå spredning av partikler. Slitgardinen er i bevegelse og må tas hensyn til under kartleggingsoperasjonen.

Denne preliminnære rapporten er en beskrivelse av arbeidet hittil, og er en forløper til den endelige sluttrapporten.



Figur 1: Havnebassenget Store Lungegårdsvann. Bilde: Anne Christine Knag.

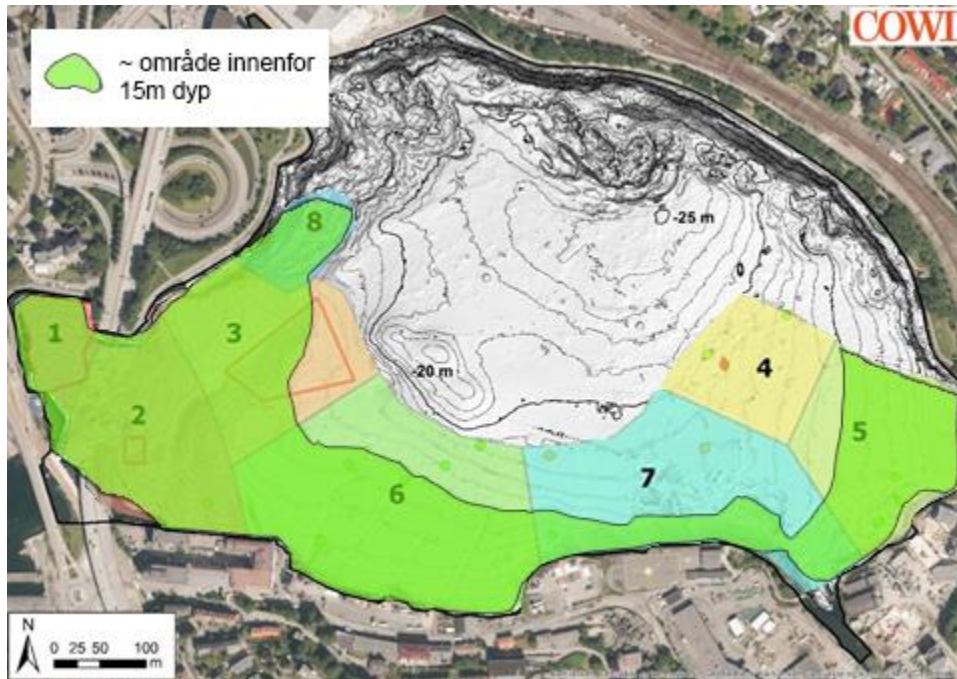
### 1.1 Områdebeskrivelse

Det totale kartleggingsområdet beregnes til om lag 250 000 m<sup>2</sup>, med fokus på områder grunnere enn 15 m (da alt av forsøpling innenfor denne kvoten skal tas opp). Sikt er et problem i bassenget pga. lite utskiftning av vann, samt avrenning fra omliggende områder. Variasjonen i denne sikten er stor, der områdene rundt Møllendalselven er spesielt utsatt. Målinger innhentet fra UiB-bøyen Gabriel tilsier at algeoppblomstring, anleggsaktivitet og avrenning i forbindelse med regn er de største bidragsyterne.

---

<sup>1</sup> <https://www.bergen.kommune.no/hvaskjer/tema/renere-havn-bergen>

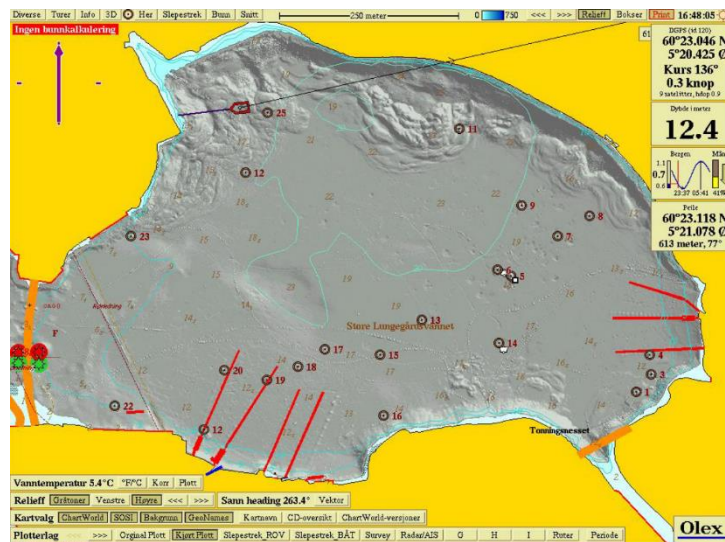
Kartleggingsområdet er ytterligere delt opp i prioriteringsareal gitt i Figur 2; der område 1 prioriteres fremfor område 9 osv. Videre er fokusområder grunnere enn 15 m angitt i Figur 2, som da fullstendig sett indikerer de områdene det er viktigst å dekke mtp. objektregistrering og opprydding.



Figur 2: Prioriteringsområder, samt områder som ligger innenfor kvote på 15 m dyp.

### 1.1.1 Kjente kulturminner og objekter

Det er gjennomført marinarkeologiene undersøkelser i 2014 av Bergen Sjøfartsmuseum i Store Lungegårdsvann (Bergen Sjøfartsmuseum, 2014). Flere vrak er registrert, deriblant D/S Topdal som er et av Vestlandets eldste dampfartøy med byggeår 1874 (objekt nr. 5 i Figur 3). Videre er finnes det 4 andre fartøy med alder eldre enn 100 år (objekt 9, 13, 14 og 15 i Figur 3). Utover dette er et registrert flere vrak og større objekter som er gjengitt i Figur 3 under. I tillegg til disse objektene går det flere rørledninger på bunnen som sees som stiplede forhøyninger i bildet under.

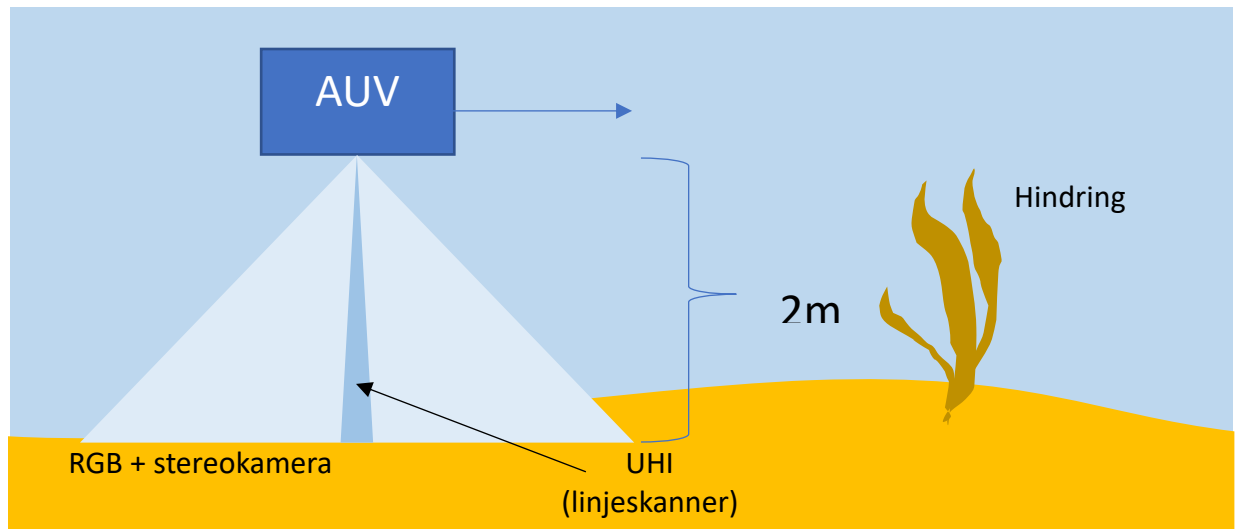


Figur 3: Kart over kjente objekter og vrak i Store Lungegårdsvann.

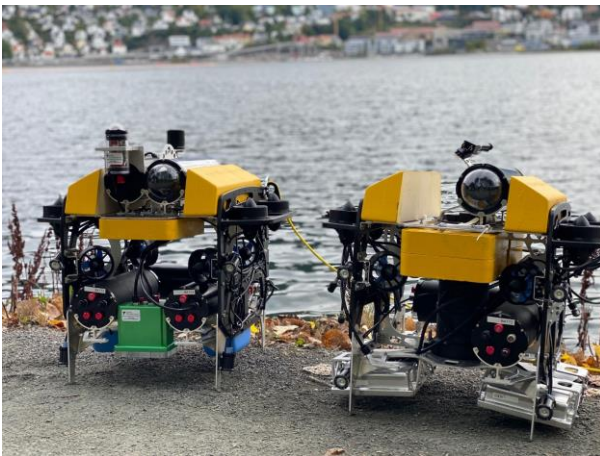
## 2 Metode

Områdene er kartlagt med autonome undervannsfarkoster (AUV) som innhenter data med å kjøre i et predefinert mønster i en fast høyde over bunnen (se Figur 5). Selv om farkostene er selvkjørende, har de

kabel for å kunne overvåke kartleggingen i sanntid, samt gjøre innhenting lettere (f.eks. ved fastkjøring). Bilder og video blir innhentet kontinuerlig med kamerasensorer pekende nedover (se Figur 4). Farkosten kjører i samspill med en overflatefarkost (se Figur 6) for å gjøre nøyaktig posisjonering under vann. Områder som er grunne (<2 m) med tang og tare utelates da biomassen setter seg fast i propellene. Planlagt kartleggingshastighet var opprinnelig 0.5-1 m/s, denne ble redusert til rundt 0.3-0.5 m/s pga. siktforhold.



Figur 4: Kartleggingsmetode med AUV.



Figur 5: AUVer brukt i undersøkelsen.



Figur 6: Overflate-enhet for undervannsposisjonering.

### 3 Utførte arbeider og foreløpige resultater

Da denne rapporten er preliminær vil kun innledende analyser og resultater foreligge.

#### 3.1 Overordnet operasjon

Operasjonen startet som planlagt på mandag 20.9 med kalibrering av instrumenter og kartlegging i område 1 (ref. Figur 2). En lavere kartleggingshastighet  $\sim 0.5\text{m/s}$  ble brukt for å kunne kartlegge med god nok eksponering. Kartlegging gikk optimalt frem til slutten av tirsdag da kraftig regn gjorde siktforholdene

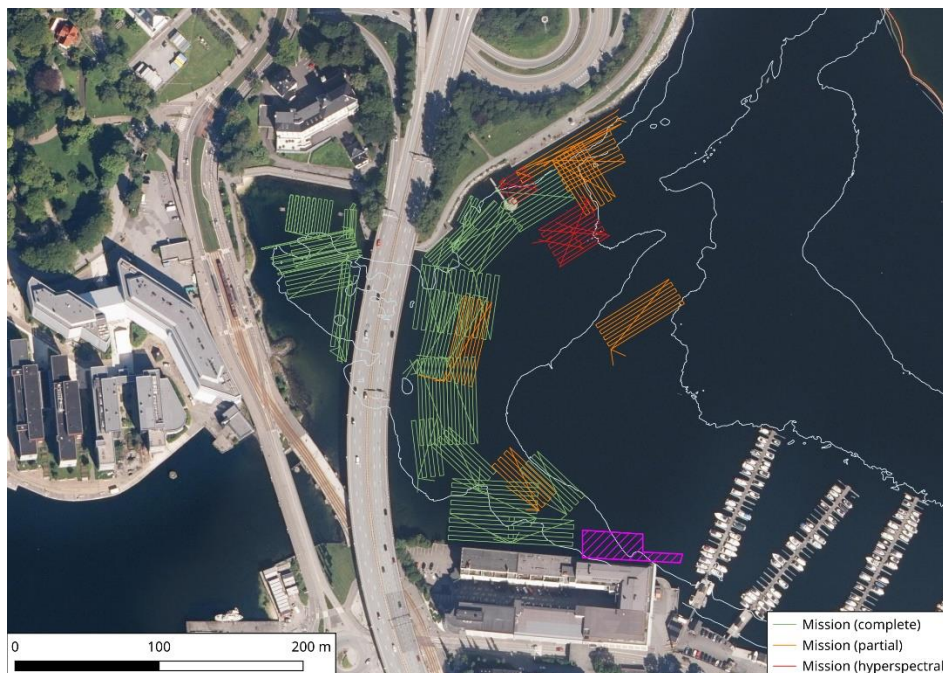
betydelig dårligere. Dette resulterte i liten/ingen sikt i områdene 4, 5, 6, og 7 for resten av uken. Turbiditet økte med økt avrenning og tidevannsrelatert miksing. Kartleggingen ble derfor lagt til områder med fungerende sikt (område 1, 2, 3, og 6). Områdedekningen her ble derfor mindre enn planlagt. Tid tapt på fastkjøring i fortøyninger som ikke var markert på kart, i område 5 og 6, spilte også inn her. Flere gjenglemte bunnfortøyninger var det også mange av i dette området. En overordnet tabell over operasjoner og siktforhold er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Overordnet operasjonslogg.

Dato	Aktivitet	Siktforhold
<b>Søndag 19.09.2021</b>	Ankomst	
<b>Mandag 20.09.2021</b>	Testing og kartlegging område 1	Gode siktforhold
<b>Tirsdag 21.09.2021</b>	Kartlegging område 1 og 2	Gode siktforhold
<b>Onsdag 22.09.2021</b>	Kartlegging område 2 og 3	Middels siktforhold
<b>Torsdag 23.09.2021</b>	Kartlegging område 2 og 3	Middels siktforhold
<b>Fredag 24.09.2021</b>	Kartlegging område 4/5, 7 og 3	Dårlige siktforhold
<b>Lørdag 25.09.2021</b>	Kartlegging område 4/5, 6 og 2	Dårlige siktforhold
<b>Søndag 26.09.2021</b>	Hjemreise	

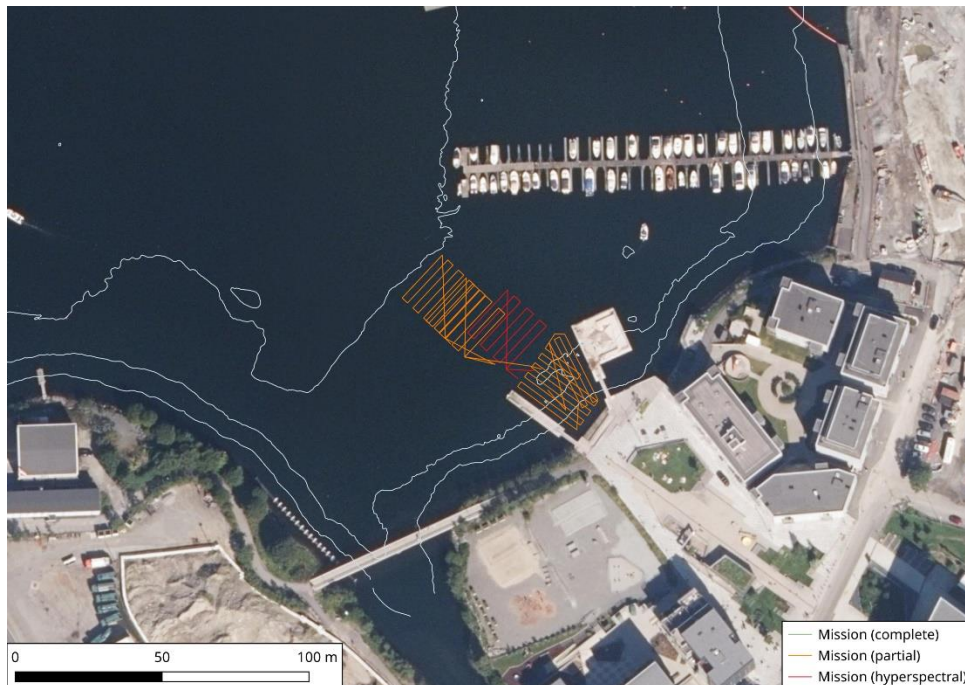
### 3.2 Arealdekning

Arealdekningen av områdene 1, 2, og 3 er god innenfor 15m kvote. Enkelte områder nære land er utelatt pga. grunner, fortøyning, og tareskog (f.eks. i område 1). Områdene 4-7 ble forsøkt kartlagt, men ble ikke dekket som planlagt pga. sikt (område 4, 5, 6, 7) og risiko for fastkjøring (område 5, 6 og 7). Område 8 og 9 ble ikke forsøkt kartlagt pga. helning og plassering bak siltgardin, samt lite areal over 15 m dyp. Kartlegging av D/S Topdal ble heller ikke forsøkt pga. siktforhold. Dekning er illustrert i Figur 8 og Figur 8.



Figur 7: Oversikt over kartlegging i område 1, 2, 3 og 6. Skravert felt i fiolett er manuelt kjørt pga. fortøyninger.

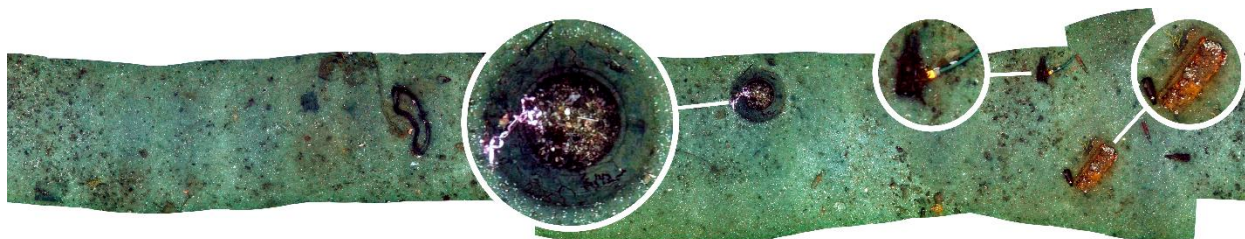




Figur 8: Oversikt over kartlegging i område 4, 5.

### 3.3 Fotomosaikk

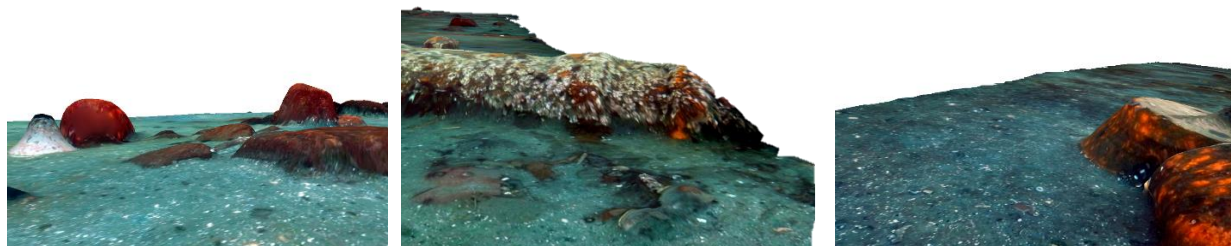
Prosessering av fotomosaikk er påbegynt. Bildematerialet som er hentet inn har god oppløsning og kvalitet som egner seg til generering av detaljerte bunnkart. Eksempel på kart kan sees i Figur 9. Ferdigstilling av mosaikk vil gjøres ila. oktober og november.



Figur 9: Eksempel på fotomosaikk fra område under Nygårdsbroen. Området som er avbildet er ca. 2x17m og kun en liten del av hele kartleggingstransektet. Bildekk, hageslange, og metallskrap er fremhevet i bildet.

### 3.4 Fotogrammetri (3D-rekonstruksjon)

Bildematerialet er godt nok til at egner seg til å lage 3D-modeller av havbunnen og objektene. Relevante områder vil omfatte større ansamlinger av søppel og vrak, samt topografisk interessante områder.



Figur 10: Eksempel på fotogrammetri fra område 2. Høyde, bredde og lengde av objekter kan måles og brukes til planleggingsformål.

### 3.5 Undervanns hyperspektral avbilder (UHI)

En full dag var avsatt til kartlegging med UHI. Det ble forsøkt kartlagt med UHI i område 4 og 5, men sikten var under 1 m og kvalitet var for dårlig for prosessering. Kun område 3 hadde siktforhold 1.5-2 m når dette skulle gjennomføres, men også her var det mye partikler i vannet. Instrumentet hadde en fokuseringsfeil fra leverandøren Ecotone, som kom under installasjon av instrumentet. Innsamlet data er derfor ikke mulig å bruke. Det vurderes innhenting av denne data under ny undersøkelse i november.

## 4 Feltjournal

### 4.1 Oversikt over vær og sikt under undersøkelsen

Noe varierende vær og forhold var å forvente under undersøkelsen. Normalt regn i Bergen ville antagelig gått fint, men 41mm på torsdag gjorde forhold dårlig for påfølgende dager.

Tabell 2: Værdata under kartleggingen.

19.09.21 Søndag	20.09.21 Mandag	21.09.21 Tirsdag	22.09.21 Onsdag	23.09.2021 Torsdag	24.09.21 Fredag	25.09.21 Lørdag	26.09.21 Søndag
Opphold	Opphold	Regn 11,9mm	Regn 0,9mm	Regn 41,9mm	Regn 24,2mm	Regn 36,3mm	Opphold
-	God sikt	God sikt	Middels	Middels	Dårlig	Dårlig	-

### 4.2 Feltnotater

Under er feltnotater strukturert inn i tabellform på klokkeslett.

<b>Mandag 20.09.2021</b>		
<b>Område 1</b>		
Tid	Aktivitet	Kommentar
07:00-09:00	Opprigging og testing (NOSCA test-senter)	Gode siktforhold, noe problem med tang og tare under kjøring. Operasjon innerst ved St.Pauls gymnas (Florida). Utstyr fungerer godt. Alle tester gjennomført og kartlegging av område 1 ble gjennomført som planlagt.
09:00-12:00	Mobilisering til område 1 (Florida)	
12:00-15:00	Kartlegging (mission 1-3), flytting av USBL bøye	
15:00-18:00	Kartlegging (mission 4-8), flytting av USBL, innhenting av posisjoner på fundamenter til Nygårdsbroen	
18:00-21:00	Demobilisering	
21:00	Vasking og forberedelse av utstyr for neste dag.	

<b>Tirsdag 21.09.2021</b>		
<b>Område 1 og 2</b>		
Tid	Aktivitet	Kommentar
07:00-10:00	Opprigging og testing (NOSCA test-senter)	Gode siktforhold, regnvær som kom utover ettermiddagen gav noe uklart vann i overflaten. Antas å påvirke sikt til onsdag. DVL-instrument 1 feilet og ble
10:00-11:00	Mobilisering til område 2 (Nygårdsbroen øst), plassering av USBL	
11:00-15:00	Kartlegging (mission 9-14), DVL-sensor problemer	
15:00-17:00	Kartlegging (mission 15-16), bytte av batteri	
17:00-19:00	Kartlegging (mission 16 del. 2), Demobilisering	

<b>19:00-21:00</b>	Vasking og forberedelse av utstyr for neste dag. Byttet DVL-sensor.	byttet ut med instrument 2 ıla. kvelden.
--------------------	---------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

<b>Onsdag 22.09.2021</b>		<b>Område 2 og 3</b>
<b>Tid</b>	<b>Aktivitet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>08:00-09:00</b>	Opprigging (NOSCA test-senter)	Middels siktforhold. Kraftig regn på slutten av dagen. Måtte flytte operasjonskontor pga. regnvær. Kartlegging mot område 8 vanskelig pga. bratt helning. Krasjet i bunnen med farkost.
<b>09:00-10:00</b>	Mobilisering til område 2 (Nygårdsbroen øst)	
<b>10:00-15:00</b>	Kartlegging (mission 17-20), flytting av operasjonskontor pga. regnvær	
<b>15:00-16:00</b>	Kartlegging (mission 21-21 del. 2), hadde problemer med lys som ikke ville slå seg på.	
<b>16:00-17:30</b>	Demobilisering	
<b>17:30-20:00</b>	Vasking og forberedelse av utstyr. Reparasjon av lys.	

<b>Torsdag 23.09.2021</b>		<b>Område 2 og 3</b>
<b>Tid</b>	<b>Aktivitet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>08:00-10:30</b>	Opprigging (NOSCA test-senter), fiksing av lys	Mye regn fra morgenen av og utover. Stor påvirkning av sikt. Område 2 prioriteres under forholdene. Besøk fra Bergen kommune og filmteam. Område 2 og 3 ser ut til å ha grei sikt tross veldig mye regn (over 40mm).
<b>10:30-11:30</b>	Mobilisering til område 2 (Under Nygårdsbroen)	
<b>11:30-15:00</b>	Kartlegging (mission 22-25), flytting av operasjonskontor til brygge foran fasade i Møllendalsveien 1 da regnet sluttet.	
<b>15:00-19:00</b>	Kartlegging (mission 26-30)	
<b>19:00-20:00</b>	Demobilisering	
<b>20:00-21:00</b>	Vasking og forberedelse av utstyr. Prosessering av data for testing og verifikasjon	

<b>Fredag 24.09.2021</b>		<b>Område 5, 7 og 3 (Kartlegging med UHI-ROV)</b>
<b>Tid</b>	<b>Aktivitet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>08:00-11:00</b>	Opprigging (NOSCA test-senter) og kalibrering av UHI-utstyr	Etter mye regn på torsdag ble det likevel vurdert at vi skulle prøve å kartlegge område 4 og 5 med UHI-ROV. Kalibrering og oppsett var ferdig rundt kl. 14 og første mission gikk i gang kl. 14:30. Sikt var veldig dårlig. Når vi kom ned på 10m var det mye sedimenter og oppløst organisk materiale i vannet. Lite vits å fortsette kartlegging med UHI her. Noterte at bunnen fremstod som «død» med bakteriematter synlig i dette området. Etter et par
<b>11:00-12:30</b>	Mobilisering til område 4/5 (Møllendalen)	
<b>12:30-14:30</b>	On site testing og kalibrering av UHI-ROV.	
<b>14:30-15:00</b>	Kartlegging (mission 31), ROV satte seg fast i brygge-systemet. Måtte bruke tid på å få den løs. Lite sikt.	
<b>15:00-16:00</b>	Flytting av utstyr til område 3	
<b>16:00-17:00</b>	Ny sensorkalibrering og skiftning av kabel	
<b>17:00-19:00</b>	Kartlegging med UHI (mission 32-35)	
<b>19:00-20:00</b>	Demobilisering	
<b>20:00-22:00</b>	Vasking og forberedelse av utstyr. Etter samtale med ACK (Bergen kommune) ble det avklart å prioritere kartlegging av større områder med stereo-kamera i	

	stedet for å fortsette med UHI. Areal-dekning prioriteres. Opprigging av stereo-kamera ROV.	forsøk ble operasjon flyttet til område 3 i håp på bedre sikt. Det ble kjørt et sett med missions i område 3 med middels sikt.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Lørdag</b>		
<b>25.09.2021</b>		
<b>Område 4/5, 6 og 2</b>		
<b>Tid</b>	<b>Aktivitet</b>	<b>Kommentar</b>
<b>08:00-08:20</b>	Opprigging (NOSCA test-senter)	Middels siktforhold. En del regn ıla. natten med opphold mot slutten av dagen.
<b>08:20-09:30</b>	Mobilisering til område 4/5 (Møllendalen)	Kartleggingen startet innerst i Møllendalen hvor vi håpet sikten i område 4/5 hadde forbedret seg (noe den ikke hadde). Flyttet derfor til Neptun båtforening for å dekke område 6. Satte oss fast i fortøyninger hele tiden.
<b>10:00-11:30</b>	Kartlegging (mission 36-37), flytting av operasjonskontor pga. fortsatt dårlig sikt	Flyttet operasjonen ut i båt.
<b>11:30-12:20</b>	Flyttet oss til Neptun båtforening	Kartla til slutt områder i område 2 som hadde tilstrekkelig sikt. Hadde gode siktforhold her.
<b>12:20-14:00</b>	Kartlegging (mission 38 og 38 del.2), måtte gi oss på Neptun pga. fortøyningssituasjon og ROV som satte seg fast.	
<b>14:00-14:25</b>	Flyttet operasjonen over i båt	
<b>14:25-17:20</b>	Kartlegging i område 6 og 2 (mission 39-43). Flyttet til slutt båten til områder under Nygårdsbroen med god sikt.	
<b>17:20-19:00</b>	Demobilisering	
<b>19:00-21:30</b>	Vasking og pakking av utstyr	

## 5 Rådata (bilder og video)

Dette vil bli overlevert sammen med den fulle og endelige rapporten på harddisk.

## 6 Bibliografi

Bakke, T. H. (2021). *Byrådssak 21, Bystrand og ny Lungegårdspark-Forprosjektfase avklaringer*. Bergen: Bergen Kommune. Hentet fra <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/4072172/Framstilling-Bystrand-i-Bergen-Forprosjektfase-avklaringer>